



資料 2

議題その2

重点目標達成のための 学官連携等の取組状況と課題

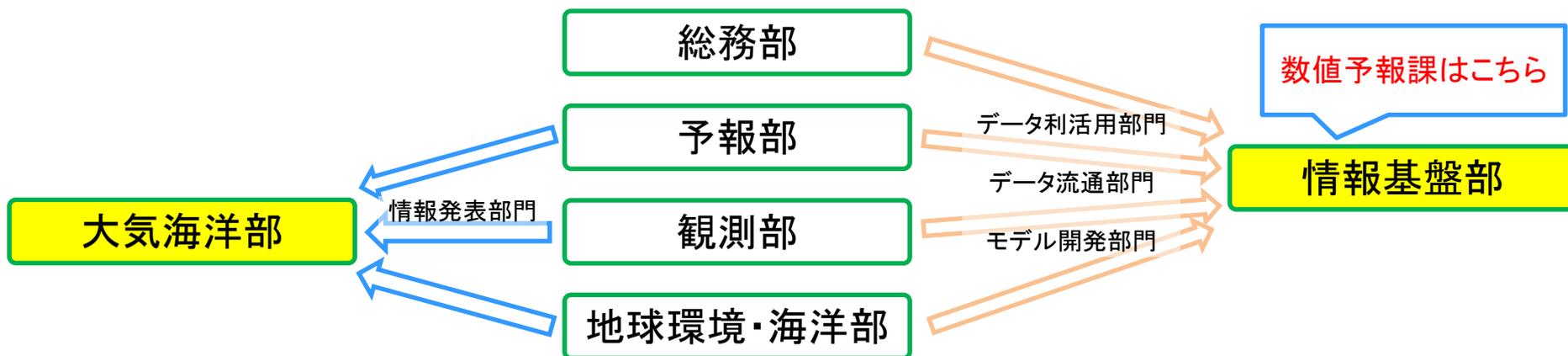
数値予報モデル開発懇談会(第5回)

令和3年3月30日(火)

気象庁

気象庁組織改編

- 自然災害の激甚化や社会環境の変革を踏まえ、防災対応・支援や気象情報・データの利活用促進、技術開発体制を強化するための気象庁組織改編を昨年10月1日に実施した。
 - 情報基盤部: **予測モデルの開発**と気象情報・データの流通・利活用の推進
 - 大気海洋部: さまざまな気象リスクに関する気象情報の発表
- 数値予報モデルの開発を担当する部門は情報基盤部(数値予報課)に集約され、**予測精度向上に向けた技術開発体制**が構築された。
 - これまでは、予報部、観測部、地球環境・海洋部各部に観測部門や情報発表部門、数値予報モデル開発部門が散在していた。



※組織改編後の情報基盤部・大気海洋部への流れのみ抜粋

気象庁組織改編



※気象庁本庁組織図より抜粋

気象庁情報基盤部数値予報課組織図

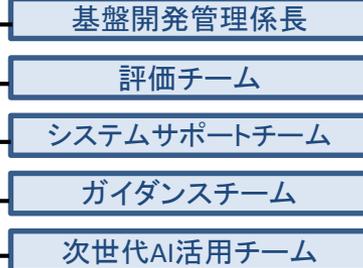
数値予報課本課(港区)



数値予報課(本課)

- 課の総括
- 数値予報モデルの開発に関する全体管理・調整
- 数値予報の成果に関する開発及び改良に関する調整
- 数値予報モデル等の実行に係るプログラムの開発及び運用
- 数値予報のために行う観測成果の品質監視及び数値予報の成果の品質管理など

数値予報モデル基盤技術開発室長



数値予報モデル基盤技術開発室

- 数値予報モデルの開発及び改良のための基盤の整備
- 数値予報モデルの検証及び評価
- 数値予報モデルによる予測の結果を予報に供するために変換し、及び補正するプログラムの開発及び改良

数値予報モデル技術開発室長



数値予報モデル技術開発室

- 数値予報モデルの開発及び改良
- データ同化技術開発推進官**
- データ同化に係る重要事項についての技術の開発及び改良の推進

数値予報開発センター(つくば市)

地球システムモデル技術開発室長



地球システムモデル技術開発室

- 地球システムモデルの開発及び改良



数値予報開発センター

- これまで予測対象等によって部署ごとに分かれていた数値予報開発部門を統合して分野横断的に開発
- つくばに設置し、同敷地にある気象研究所を含めて、これまで以上に気象庁として一体的に数値予報モデルの開発
- 研究機関が集積しているつくば市の地の利を生かして、大学等研究機関とのさらなる連携推進
- 令和2年10月1日高層気象台庁舎内に発足
- 気象庁として、令和3年度に線状降水帯発生確率の予測に向けた技術開発体制強化を実施

重点目標達成に向けた学官連携等の課題 (第4回懇談会でいただいたご意見)

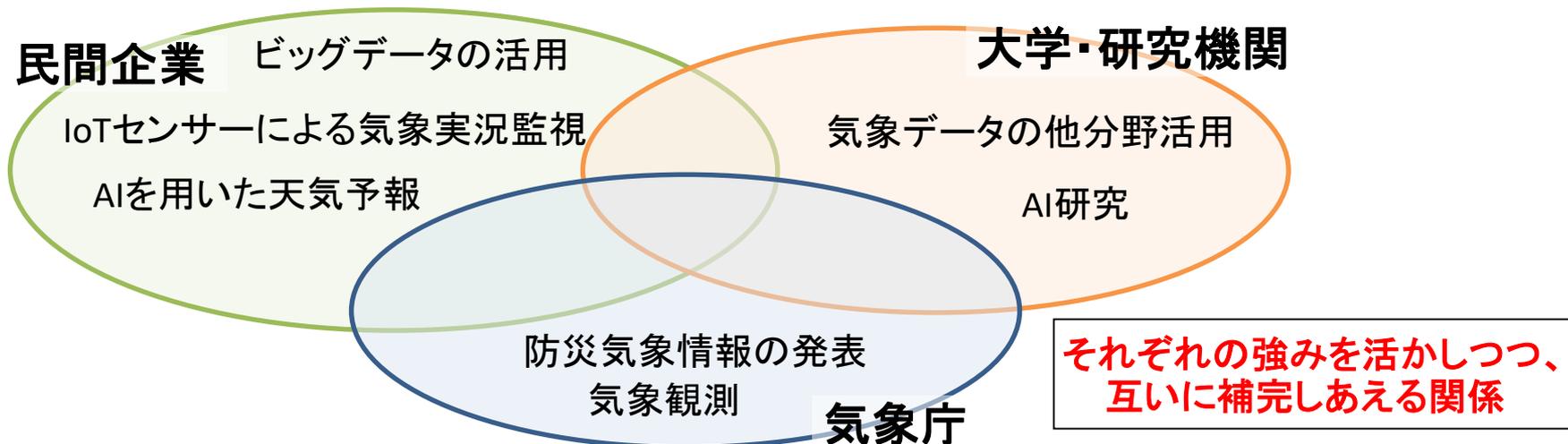
- ①具体的な共同研究課題の創出については、気象庁が持つ課題と大学等研究機関の研究との**マッチングのための意見交換**を通じて、意思疎通を深めていくことが必要である。
- ②連携の枠組みについても、**個別の共同研究の他、既存の連携協定や大学の共同利用拠点の活用等**を検討することが重要である。
- ③連携の推進には、**大学等研究機関との人材交流による顔の見える関係の構築・維持や気象データの保存・公開の方針の明確化**が有効である。

重点目標達成に向けた学官連携等の課題 (第4回懇談会でいただいたご意見)

- ④ 気象庁数値予報モデルを利用する研究者同士が気象庁と独立に情報の蓄積・交換を行える仕組みを整えることは、大学等研究機関における同モデルの利活用及び気象庁へのフィードバックに資する。
- ⑤ 気象庁の数値予報モニター図や数値予報データを研究者へ共有する取り組みについては、顕著事例等が発生した際に速やかに研究者が現象を理解し数値予報の課題を発見することができ、大学等研究機関との共同研究課題の創出にもつながるので、ぜひ進めてもらいたい。

交通政策審議会気象分科会提言(令和2年12月) ～気象業務における産学官連携の推進～

- 「気象業務における産学官連携の推進」についての審議が行われ、昨年12月23日に提言として取りまとめられた。
- 気象庁の技術やノウハウが産学に十分共有されていない
→産学官の取り組みに重複(不必要な競争)が生じている。
- 社会的課題の解決のため、産学官の総力を挙げた対応が不可欠であり、関係者の対話、密な情報共有、リソースの最適化が必要。
- 気象業務全体の俯瞰と調整は気象庁が果たすべき。



交通政策審議会気象分科会提言（令和2年12月） ～気象業務における産学官連携の推進～

産学官の対話の場の構築

- ニーズの共有
- 気象庁の具体的な計画の提示が必要

人材の交流と育成

- 合同研修やインターンシップの実施
- 最新の技術とノウハウの共有・活用

共同事業の推進

- 連携観測網の構築
- 海外展開

クラウド技術の活用

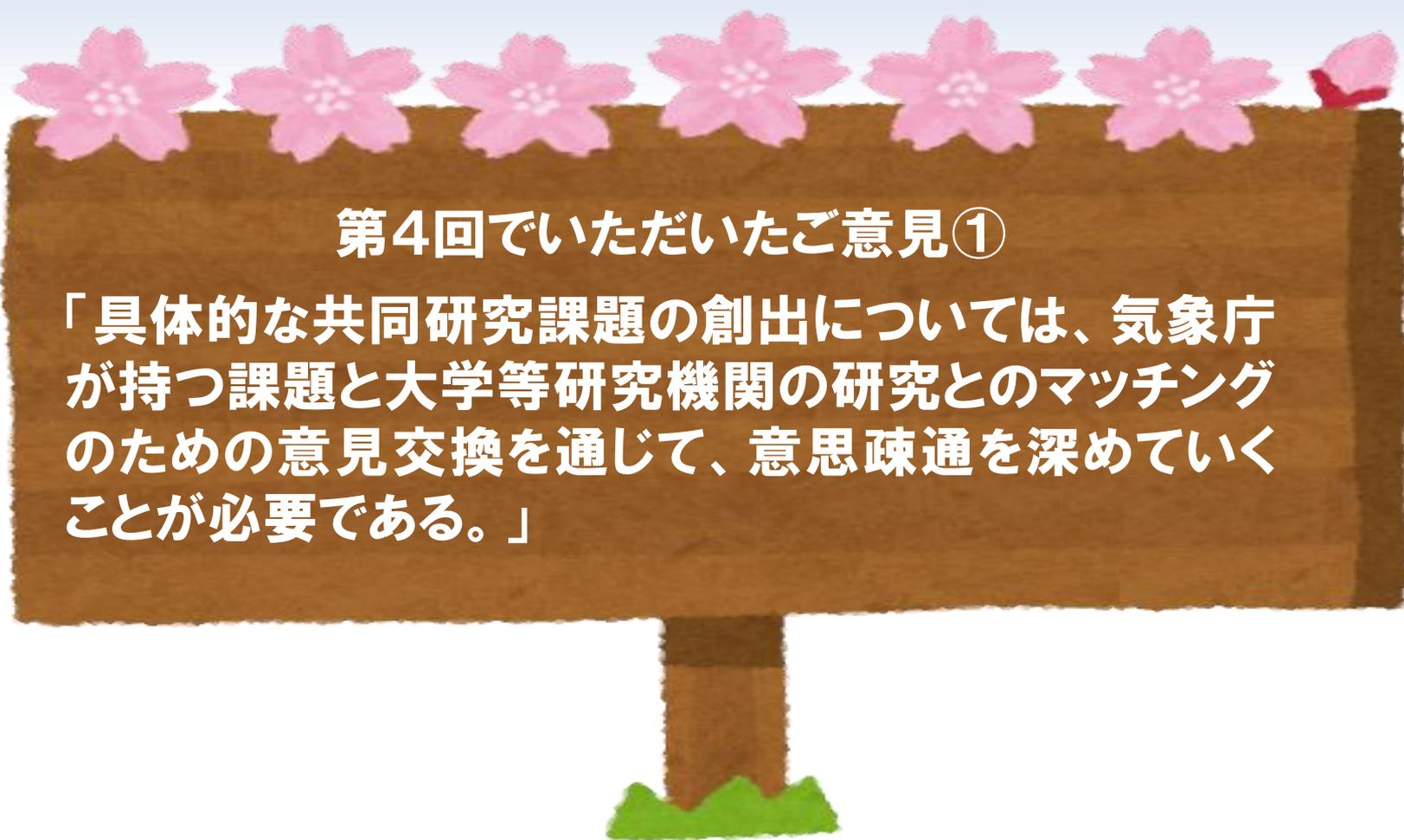
- 配信するデータから共有するデータへ
- 活用可能なデータの拡大に期待

気象学会における専門分科会

- 産学官の対話の場については、これまでも春の気象学会において専門分科会を隔年で開催して取り組んでいる。
 - 数値予報データを利用した研究
 - 観測データを利用した研究
 - 数値予報モデル・データ同化手法の開発と精度向上の研究
- 今年の春の気象学会においても、気象研究コンソーシアム主催で専門分科会「気象庁データを利用した気象研究の現状と展望」を開催。
- 通常テーマに加え、今後の気象業務の方向性と、連携推進のための施策も意見交換。
 - 産学官連携に必要な気象データや解析・予報技術等の共有のあり方を議論する予定。
- クラウドを活用したデータ共有の将来像、数値予報モニター図の提供等についても取り上げる予定。

第4回懇談会でいただいたご意見とその対応

- ① 共同研究課題の創出、マッチングのための意見交換を通じた意思疎通
 - 数値モデル研究会
 - 分野ごとの研究者マッチング
- ② 共同研究、連携協定や大学の共同利用拠点を活用した連携の枠組み
 - 東大AORI－気象研連携協定
 - JAXA－気象研・気象庁のかかわり
 - JST共創の場形成プロジェクト
- ③ 人材交流やデータ保存・公開方針の明確化による連携推進
 - モデル開発者特別研修
 - 気象庁データの保存・公開
- ④ 研究者同士が気象庁とは独自に情報交換できる仕組みの整備
 - モデル利用者同士の情報交換・蓄積の仕組みづくり
- ⑤ 数値予報のモニタ図やデータを研究者に共有する取り組み
 - 数値予報モニタ図



第4回でいただいたご意見①

「具体的な共同研究課題の創出については、気象庁が持つ課題と大学等研究機関の研究とのマッチングのための意見交換を通じて、意思疎通を深めていくことが必要である。」

数値モデル研究会

- 令和3年1月12日にオンライン形式で開催
- 内容
 - 前回の研究会(2019年5月)では、豪雨防災と台風防災に関する意見交換を実施
 - 今回は、気象庁から豪雨防災と台風防災に関する数値予報全般を網羅した開発課題をより掘り下げて紹介し、**マッチングのための意見交換をブレンストーミング**の形で実施
- 成果
 - 大学等研究機関から49名と多くの方に参加いただいた
 - 課題の紹介と総合討論の両方で活発な意見交換が行われた
 - 数値予報全般について認識共有ができたと考えている
 - 連携に向けた問い合わせ等を個別に連絡いただいたところ
- 今後の課題
 - 個々の課題をさらに掘り下げて議論を深める時間の余裕がなかった

今後のさらなる連携に向けて

- 数値予報モデル研究会を踏まえて、さらにマッチングのための意見交換を深化させたい
 - 最終的には個々の開発課題と研究課題を結びつけて、**共同研究を実施**
- そのために

- さらに個別分野に落とし込んで開発・研究課題の意見交換を行うこと
- 開発や研究の進展等に応じた最新の情報について、随時情報共有すること
- 連携を進める際の懸案事項を適宜対応して改善すること

を3本柱として継続的に取り組みを実施することが重要

今後のさらなる連携に向けた対策案

- 数値モデル研究会の下に分野毎の分科会を設け、定期的に研究集会を開催することとしたい
 - 個別分野ごとの開発・研究課題に関する意見交換
- それぞれの分科会に有識者である研究者にご担当を依頼したい
 - 担当研究者と気象庁主担当が共同で研究集会を企画
 - 気象庁がロジを担当(オンライン会議を想定)
 - 研究の最新の動向に関する情報(技術や研究者等)を踏まえた随時の意見交換
- 数値モデル研究会及び分科会の活動概要や、改善した懸案事項については、数値予報モデル開発懇談会に報告
 - 懸案事項の改善及び報告は気象庁にて実施
 - フォローアップを実施して継続的な活動に結びつける

分科会の分野と気象庁の主担当(案)

分野	気象庁の主担当	
数値予報:力学課程	数値予報モデル技術開発室	全球モデルチーム
	数値予報モデル技術開発室	メソモデルチーム
数値予報:物理過程	数値予報モデル技術開発室	メソモデルチーム
	数値予報モデル技術開発室	全球モデルチーム
データ同化	数値予報モデル技術開発室	全球同化・アンサンブルチーム
	数値予報モデル技術開発室	メソ同化・アンサンブルチーム
衛星等観測データ利用	数値予報モデル技術開発室	輝度温度データ利用チーム
	数値予報モデル技術開発室	アクティブセンサデータ利用チーム
階層的地球システムモデル	気象研究所	
	地球システムモデル技術開発室	

想定されるテーマの例

数値予報:力学課程...全球モデルの高解像度化の計算手法、モデル比較実験など

数値予報:物理過程...解像度に応じて必要なパラメタリゼーション、開発ツール(LES)など

データ同化...将来の現業システムにおける高度化の方向性、線状降水帯向け同化手法など

衛星等観測データ利用...最先端の観測(衛星等)の利用手法、観測演算子など

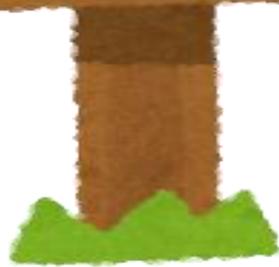
階層的地球システムモデル...海洋モデル等のコンポーネント、大気・海洋結合モデルなど

上記のテーマの例はあくまで案であり、いろいろとご意見を伺いたい



第4回でいただいたご意見②

「連携の枠組みについても、個別の共同研究の他、既存の連携協定や大学の共同利用拠点の活用等を検討することが重要である。」



東京大学大気海洋研究所と 気象研究所との連携・協力に関する協定書

- 気象研究所と東京大学大気海洋研究所との連携・協力に関する協定書を締結(平成30年11月9日)
- 互いに連携・協力し、互いの研究資源を活用した研究交流を促進(共同研究、人材交流、研究施設・設備の相互利用、連携した共同利用体制の構築)

○共同研究課題18件(令和2年4月現在)

○連携協議会(令和2年6月11日)における議論

- 「富岳」成果創出加速プログラム課題における連携
- 令和2年度交通運輸技術開発推進制度課題への協力
- 第4回数値予報モデル開発懇談会のフォローアップ
- 人材交流

○今後の課題

- 共同研究課題の創出や人材交流の促進等による更なる連携の推進
- 他の研究機関との同様の連携・協力のあり方の検討

交通運輸技術開発推進制度

(国土交通省総合政策局技術政策課で実施中)

● 制度の概要

- 安全安心で快適な交通社会の実現や環境負荷軽減等に資する交通運輸分野のイノベーティブな技術を、発掘から社会実装まで支援する**競争的資金制度**。
- 公募テーマに沿って具体的な研究課題を応募し、有識者委員会の評価を経て採択される。
- 最大3年間で6,000万円程度までの研究計画を委託により実施。
- 応募段階から研究成果の社会実装まで、定期的に研究者と当庁関係者で打合せを行うなどして連携を密にしています。
 - 気象分野の研究課題を設定いただけるのであれば、産学官連携として、ぜひ研究協力させていただきたい！**

令和2年度採択

＜東京大学 佐藤正樹教授・東北大学 伊藤純至 准教授＞

「関東圏の航空機の効率的な運航のための極端気象予測の高度化」

JAXA-気象研究所連絡協議会

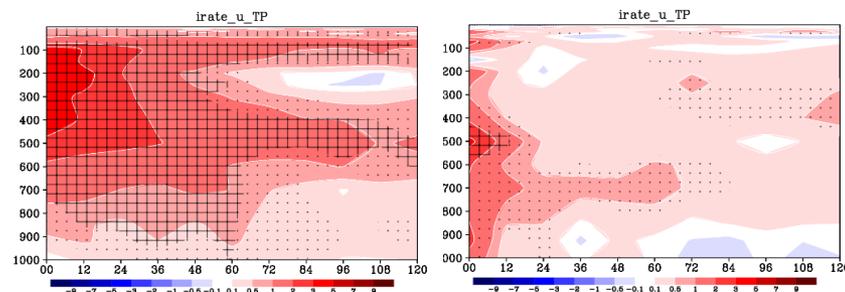
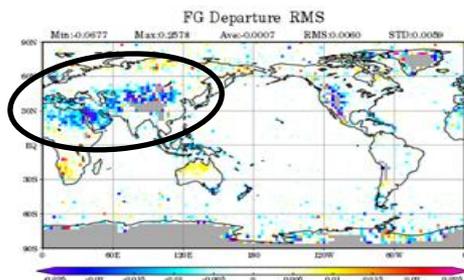
- JAXA-気象研の連携協力の推進に係る協議会を行う場として連絡協議会を設置(平成21年1月21日)
- より組織的・実質的な連携のため、同協議会のもと、「衛星データ利用促進分科会」の活動を開始(平成30年4月4日)

気象庁現業での利用に向けた、衛星データ同化等の衛星データの高度利用に関する開発・研究等を促進する。

- ①AMSR3の高周波チャンネルの必要性検討(終了)
- ②陸上でのマイクロ波放射計の利用検討
- ③ALOS-2海上風データの利用検討
- ④ドップラー風ライダーの利用検討(新規)

両機関の専門性を活かした連携により、研究を推進

- ・気象研:同化や台風解析
- ・JAXA:衛星処理や衛星検証



②陸上で動的に射出率を推定同化処理を高度化
(青)放射計算精度の改善

④ドップラー風ライダーを同化し有効性を調査
(左)実観測や(右)仮想観測の予報改善効果

JAXAと気象庁の連携

- 今年度発足の「衛星搭載風ライダー(DWL)に関する分科会」へ気象研究所及び数値予報課から参加。

地球観測に関する科学アドバイザー委員会

衛星搭載風ライダー分科会

昨年10月発足

高性能マイクロ波放射計分科会

降水観測ミッション分科会

[衛星搭載風ライダー分科会への参加]

- 気象庁として、線状降水帯の予測に重要な海上の風観測に資する観測器となるよう、測器要件の提案を行っている。
- 新しい観測器に対するユーザーニーズの調査→将来のプロダクトの検討に重要。

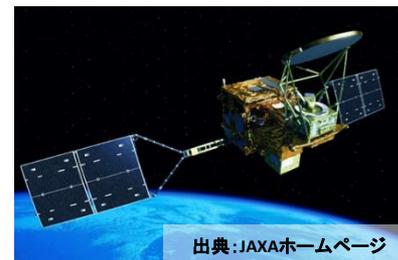
JAXAと気象庁の連携

- JAXAと気象庁は、「地球観測衛星データ利用実証及びデータ処理技術開発に関する基本協定」を平成15年より締結し、衛星データ・気象データの相互提供を行っている。
- 相互提供を行うデータの詳細を協議するため、定期的に「JAXA-JMA連絡会」を年1回開催し、担当者間で連携を図っている。

今年度は1/25
に開催

[実績]

GCOM-W衛星(しずく)搭載の高性能マイクロ波放射計(AMSR2)データを全球モデルにおける初期値作成において拡張利用したことで、降水予測や台風の進路予測が向上した(2019年12月11日～)。



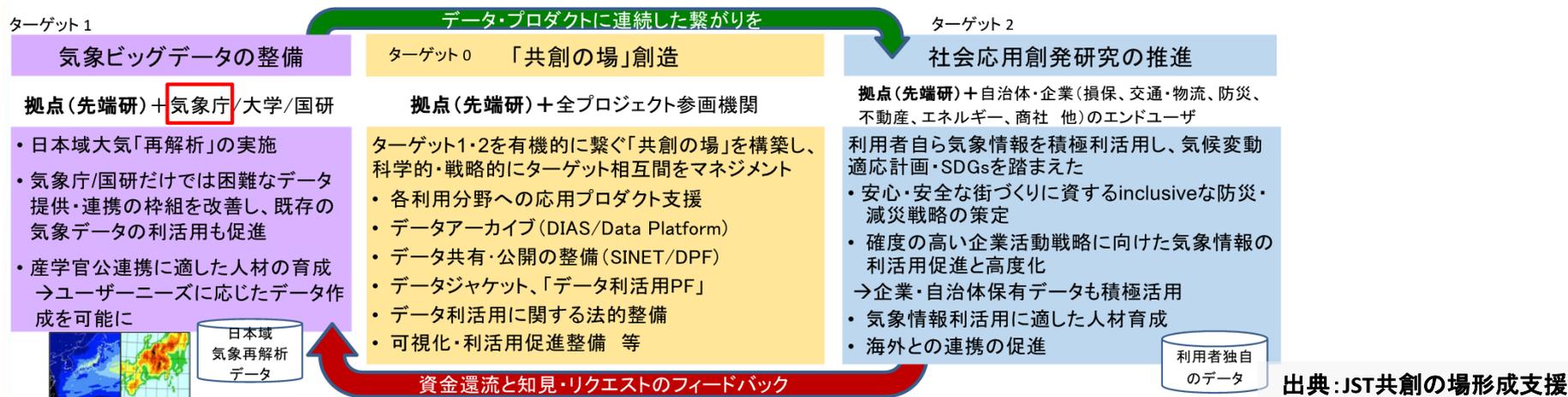
GCOM-W(しずく)

[今後の展望]

- GOSAT衛星搭載の温室効果ガス観測センサ(TANSO-FTS/TANSO-CAI)データのCO2解析システムへの組み込みを進めている。
- 数値予報の予測精度向上に向けた初期値解析精度改善のため、JAXAで開発されたGPM衛星搭載の二重波降水レーダ(DPR)の潜熱加熱プロダクトの局地数値予報システムでの現業利用を目指して開発を進めている。
- 海外の衛星データ取得についてもご協力をいただいております、本枠組みでの協力関係を引き続き推進していきたい。

共創の場形成支援プログラム

- 科学技術振興機構 (JST) が今年度より開始した公募型産学連携プログラム。
- 東京大学 中村尚教授がプロジェクトリーダーを務める、「地域気象データと先端学術による戦略的社会共創拠点」プロジェクトが今年度採択された。
- 本プロジェクトに気象庁は参画機関として参加。
- 観測データと数値モデルの融合により地域的大気場を再現する「日本域気象再解析」の作成と、その活用体制の構築を目指す。



出典: JST共創の場形成支援プログラムホームページ



第4回でいただいたご意見③

「連携の推進には、大学等研究機関との人材交流による顔の見える関係の構築・維持や気象庁データの保存・公開の方針の明確化が有効である」

人材育成と人材交流

モデル開発者特別研修(H12年度～)

- 気象庁内のモデル開発初心者を対象にモデル開発の人材育成
- 6月(概論)、9月(各論)に分けて実施(H18年度～)
- 気象庁モデル開発者特別研修への大学等からの聴講生受け入れ(H29年度開始)

H29:8名、H30:6名、R1:5名、R2:4名

今年度は、7月上旬に3日間、9月中旬に4日間の計7日間の日程でオンライン併用で開催。

<シラバス>(令和2年度)

[前期:7月]

数値予報の基礎知識、数値予報技術開発重点計画、アクティブセンサデータ利用、輝度温度データ利用、全球同化・アンサンブル、メソ同化・アンサンブル、全球モデル、メソモデル、ガイダンス、開発プロセスと開発管理、化学輸送モデル、高潮・高波モデル、プログラミング概説・開発管理サーバー活用、モデルの検証、数値予報システム(季節/エルニーニョ)

[後期:9月]

数値予報モデル開発の基礎知識、メソモデルの力学過程、全球モデルの力学過程、物理過程(境界層/陸面/雲・積雲対流/雲物理/放射)、並列計算、気候モデル、データ同化の基礎理論、衛星データ同化、海洋モデル、海洋データ同化、研修生が日頃取り組む研究課題の5分～10分発表(聴講生も含む)

気象庁データの保存・公開

- 科学技術データのオープン化については、G7科学技術大臣会合等においてもその重要性が認識され、科学技術基本計画等にも推進する旨の記載
 - 資金配分機関、大学等の研究機関、研究者等の関係者と連携し、オープンサイエンスの推進体制を構築する(第5期科学技術基本計画第4章(2)③)
- 研究者が論文投稿を行う際に、**研究に用いた観測データやプログラムソースの公表を求められる機会が増加**
 - 研究論文の再現性・信憑性が非常に重要。研究に用いたプログラム類は外部検証に不可欠
- 日本気象学会は、学術委員会に「データ利用部会」を設置し、学術データの保存・公開のあり方について議論・検討中(気象庁からも参加)。

FAIR Data Policy

As of August 1, 2019 AGU is adhering to the common Enabling FAIR data Project guidelines. These specify that by acceptance new data for the paper should be placed into community data repositories (not in supplements). At submission, authors should include a statement in the acknowledgment section of your paper indicating where readers can access the data or how you intend to provide access by acceptance (e.g., which repositories). In cases where the data is not yet available in a repository, include the data as supplements for review purposes. Statements to the effect of “data available from authors” are not acceptable. Further guidelines are [here](#). See section 3 for information on this statement.

出典: Journal of Geophysical Research

- 論文受理までに研究に用いた新しいデータを、リポジトリに保存
- 論文中に、用いたすべてのデータについてオープンな保存場所を明記

気象庁データの保存・公開

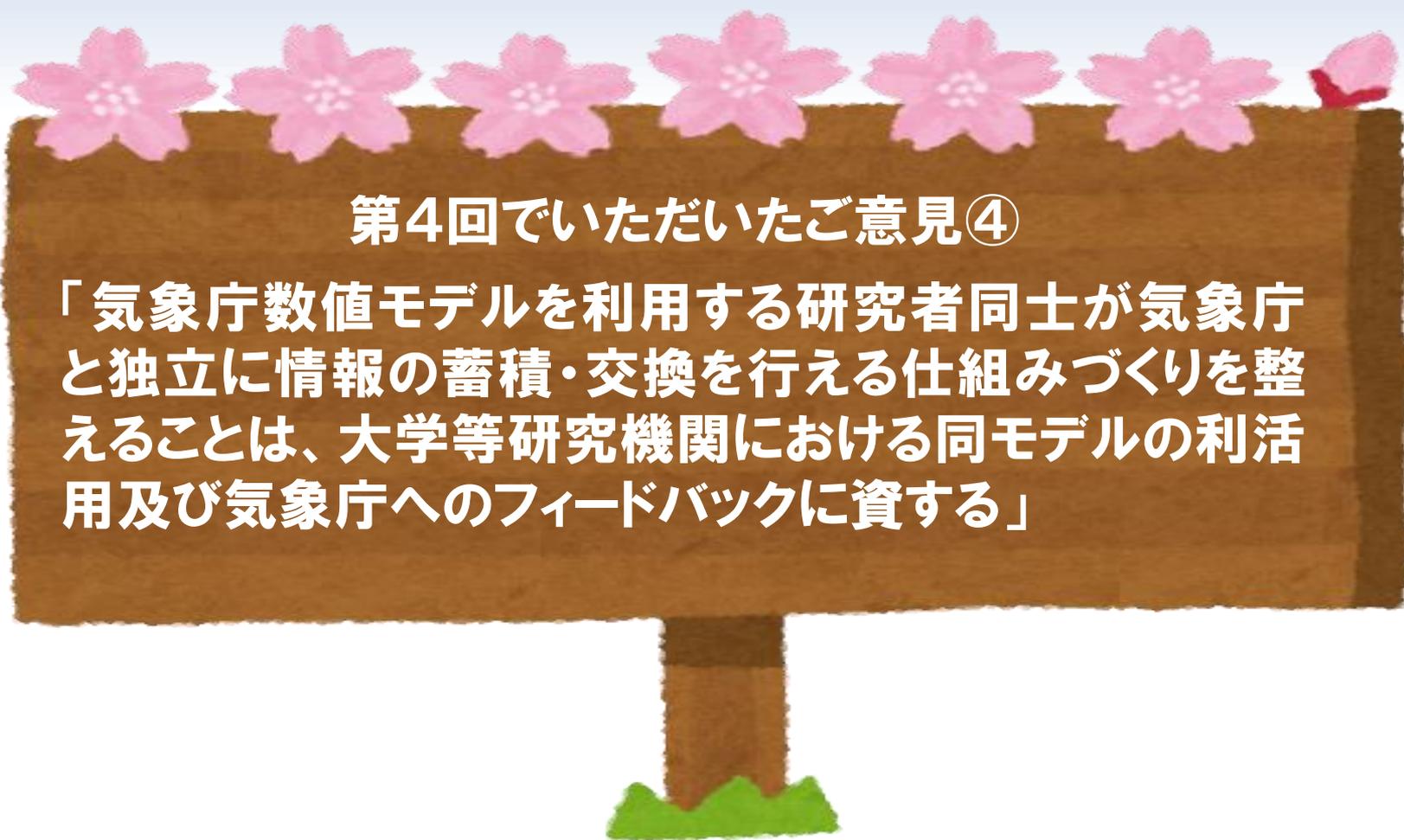
- データ類の公表は、数年先の検証にも使われうる。**データへの可用性を上げるためには、デジタル識別子(DOI)をもちいたデータ管理が推奨されている。**
 - 所属機関のサーバーへの直リンクの場合、データ保存ポリシーの変更や研究者の異動等により数年でリンク切れを起こしうる。



- データにDOIを、付与するためには、ジャパンリンクセンター(JaLC)に会員登録する必要があり、また**登録は会員自らが行う必要がある。**
- 温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)では、世界気象機関(WMO)からの要請等を受けて、観測データにDOIを付与すべく、JaLC会員登録を昨年末行った。DOIを付与するデータの最終確認中。

気象庁データの保存・公開

- 気象庁では、データ利用部会や気象学会春季大会における専門分科会等において、研究者のご意見を幅広く募りながら検討を深める計画としているが、まずは、気象研究コンソーシアムの枠組みを利用する方法等について検討を進めたい。
- データ利用者である研究者側のニーズと、行政機関として気象庁が対応できる内容との隙間を埋めるため、将来のクラウド技術の活用も見据えながら可能なあらゆる方法について検討を進めたいので、さまざまなご意見をいただきたい。



第4回でいただいたご意見④

「気象庁数値モデルを利用する研究者同士が気象庁と独立に情報の蓄積・交換を行える仕組みづくりを整えることは、大学等研究機関における同モデルの利活用及び気象庁へのフィードバックに資する」

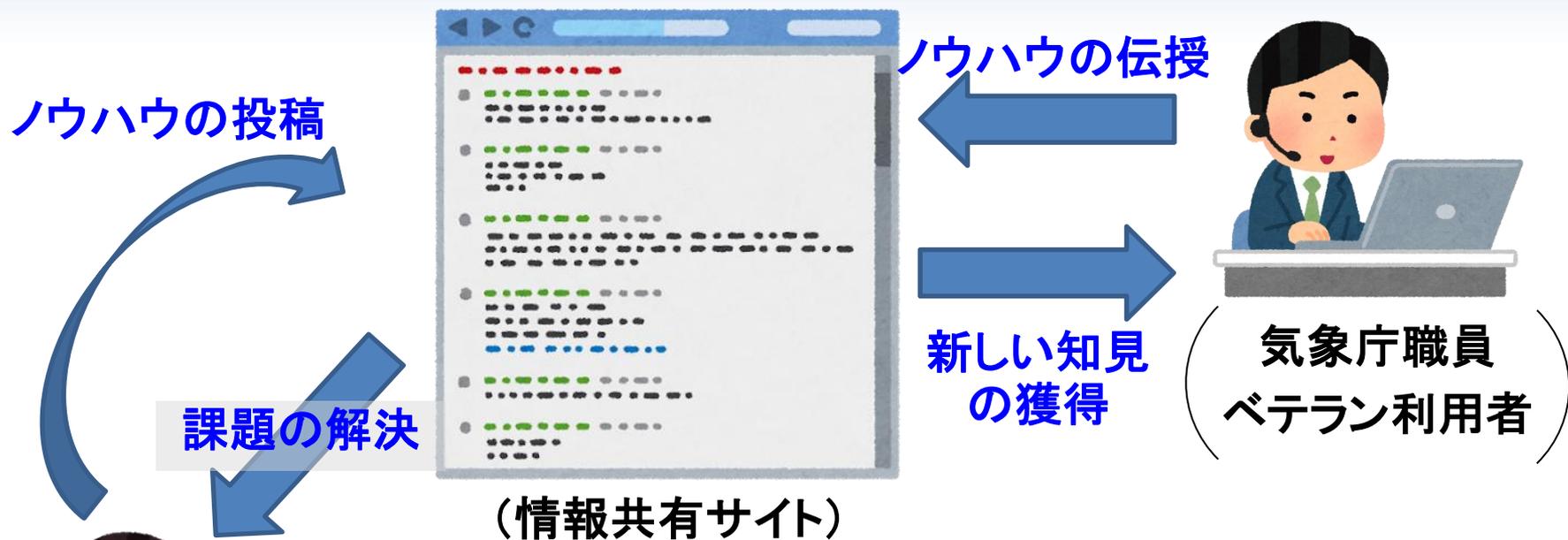
数値予報モデル利用者同士の 情報蓄積・交換の仕組みづくり

- 気象庁数値予報モデルは使い方が難しいものも多い（特にGSM）。
- 利用者がブログ等で使い方を紹介している場合もあり、そういった情報が初心者には特に役立っている。
- 数値予報研究開発プラットフォームを通じた数値予報モデル貸与申請者も以前に比べて減少している。



- モデル利用を活発にするためには、研究者同士が助け合いながらノウハウを共有する仕組み作りが必要。
- 海外の例をならうのも一つの手。
 - 米国：NCEPの各システムのコミュニティ版がGitHubに存在
 - 欧州/イギリス：モデル利用専門のサポートスタッフの常駐

数値予報モデル利用者同士の 情報蓄積・交換の仕組みづくり

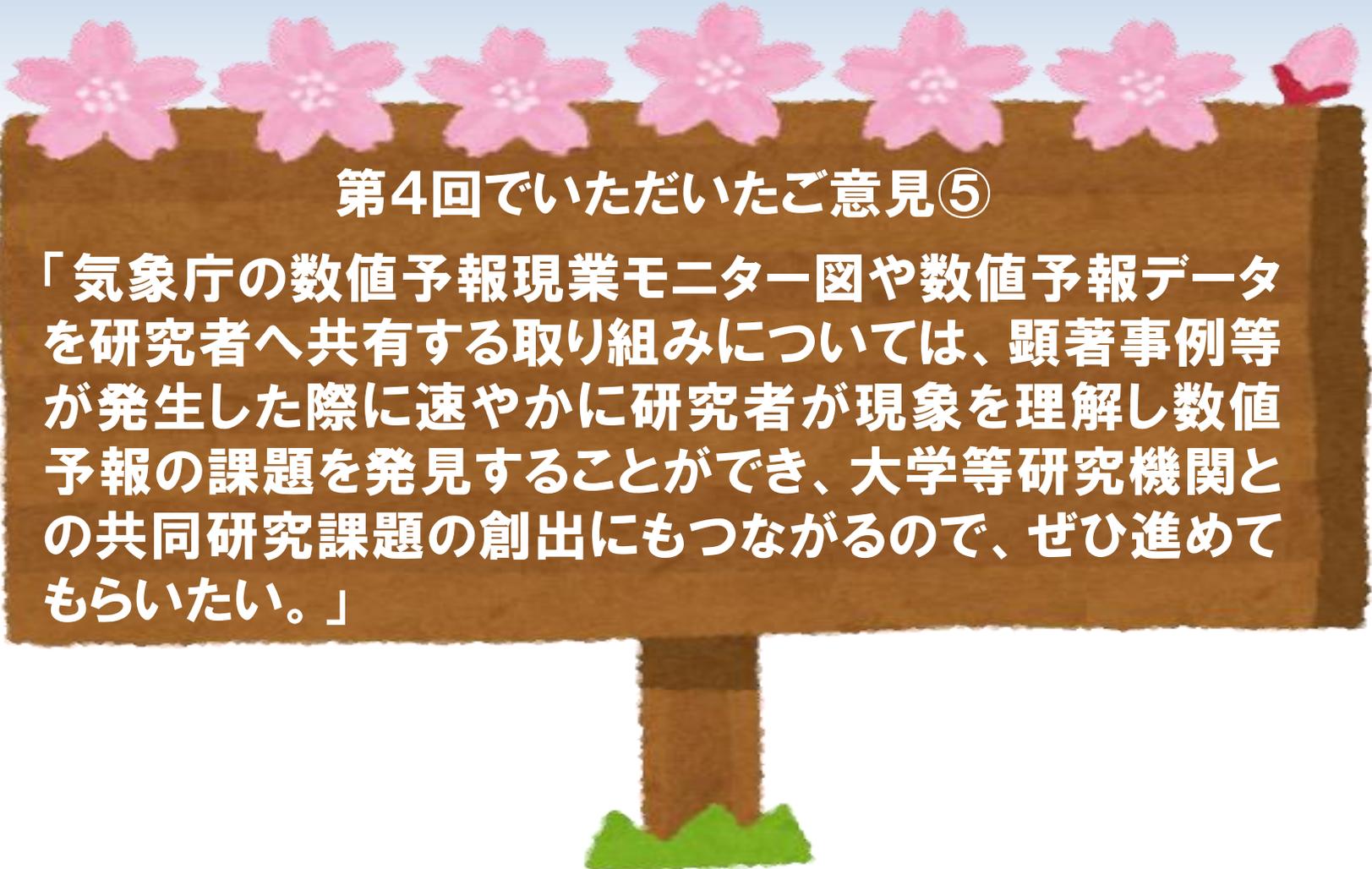


- 初学者にとって数値予報モデル利用のハードルが下がるので、モデル利用者の増加が期待できる。
- ベテラン利用者や気象庁職員にとってもまったく新しいノウハウに触れる機会となる。

数値予報モデル利用者同士の 情報蓄積・交換の仕組みづくり

～課題～

- 利用者が気軽に意見交換できる工夫が必要。
 - ふと気づいた点をその場で書き込めるようにするなど。
 - その気づきが誤ったものであったとしても、その後の意見交換の中で修正されていくとして許容する(迅速性>正確性)。
- 気象庁職員も積極的にノウハウ伝授に関わりたい。
 - ただし組織としての意見とされると、正確性にこだわりがち。
- サイトとして何を使う？
 - 日本気象学会のG Suite？ ⇔ 学会員以外は使えない。
他分野への拡大の障壁？
 - Gitlab？ Redmine？ Googleグループ？



第4回でいただいたご意見⑤

「気象庁の数値予報現業モニター図や数値予報データを研究者へ共有する取り組みについては、顕著事例等が発生した際に速やかに研究者が現象を理解し数値予報の課題を発見することができ、大学等研究機関との共同研究課題の創出にもつながるので、ぜひ進めてもらいたい。」

数値予報モニタ図の提供 「数値予報資料共有Web」

【目的】

- 研究者側と気象庁側で可能な限り同じ図を共有して振り返り議論を行うことを通じた、顕著現象の発生要因等の迅速かつ円滑な情報交換・認識共有
- モニタ図の利活用を通じ研究者が得た知見の、気象庁の数値予報への成果還元

【内容】

気象庁数値予報モニタ図を、準リアルタイム(約15時間遅れ)で提供。

- 対象モデル: GSM, MSM, LFM
- 更新時期: Initialより約15時間後
- 研究利用: 条件付きで可能。
 - 成果発表の際、事前の共有をお願いします。
 - 気象庁が数値予報検証にかかる報道発表を行う場合等に、事前の助言等をお願いします。

【今後の取組】

- モニタ図の利便性改善
- 数値予報GPVの共有も準備中

